



Mätning med NIR spektroskopi för snabb monitorering av hydrolysat innan anaerob behandling

Using NIR spectroscopy for rapid monitoring of waste water entering anaerobic treatment

Josefina Nyström, Torgny Mossing, Åke Jåfs och Paul Geladi

Rapport 1 2014

Sveriges lantbruksuniversitet

Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

S-901 83 UMEÅ

www.slu.se/sbt

Tfn: 090-786 81 00

Rapport från Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi



Mätning med NIR spektroskopi för snabb monitorering av hydrolysat innan anaerob behandling

Using NIR spectroscopy for rapid monitoring of waste water entering anaerobic treatment

Josefina Nyström, Torgny Mossing, Åke Jåfs och Paul Geladi

Rapport 1 2014

Sveriges lantbruksuniversitet

Institutionen för skogens biomaterial och teknologi

Utgivningsort: Umeå

Utgivningsår: 2014

Rapport från Institutionen för Skogens Biomaterial och Teknologi

Innehållsförteckning

Populärvetenskaplig sammanfattning	3
English summary	3
Syfte	4
Beskrivning av Norrmejeriers reningsanläggning.....	4
Utförande.....	8
<i>Provtagning på NM</i>	8
<i>ATP-mätning av mängden bakterier</i>	8
<i>NIR spektroskopi av NM's prover</i>	9
<i>Multivariat kalibrering</i>	10
Slutsatser, framtida studier	12
Litteratur	14
Bilaga: Analysresultat från KETEK.....	15

Populärvetenskaplig sammanfattning

Avfallsvatten från ett mejeri måste av miljöskäl renas innan det hamnar i avloppssystemet och så småningom i floden/havet. Reningen har två viktiga egenskaper; (1) rening av vattnet m.h.a. bakterier och (2) produktion av metan, ett bränsle som kan användas till uppvärmning av fabriken.

Avfallsvattnet innehåller kolhydrater, proteiner och fetter. Dessa organiska material är ideala näringsämnen för anaeroba bakterier och mikroorganismer. De bryter ned stora molekyler till mindre och producerar samtidigt metan. På detta sätt försvinner de organiska ämnena från vattnet som då blir renare.

Ett problem med bakteriesamhällen är att dessa är beroende av en viss miljö med t.ex. konstant pH, temperatur och mängd näringsämnen för att fungera optimalt. Felaktiga miljöparametrar i reaktionstanken gör att bakteriekulturen dör ut och att produktionen av metan slutar.

För att undersöka effekten som inmatning av förorenat vatten har på bakteriekulturen kan man använda spektroskopi. Nära infraröd spektroskopi kan ersätta en del våtkemiska analyser som tar lång tid och förbrukar kemikalier. Den spektroskopiska undersökningen är så pass snabbt att man direkt kan erhålla resultat från mätning i ett inloppsrör. Fördelarna med spektroskopi är; (1) snabb teknik, (2) ingen provberedning, (3) ingen kemikalieförbrukning och (4) möjliggör mätning direkt i ett rör.

Vi har lyckats med att mäta fetthalt i inloppsvattnet på mejeriet via spektroskopiska metoder och kalibrera det mot traditionella våtkemiska mätningar. Rapporten beskriver hur vi gick tillväga för att uppnå detta och hur bra resultaten blev.

English summary

Near infrared (NIR) spectroscopy was tested offline in the waste treatment plant of a local dairy in Umeå. The product tested was wastewater coming from hydrolysis and entering anaerobic digestion. The goal was to use the NIR spectra instead of the wet-chemical laboratory measurement of constituents such as fat, protein and carbohydrates. Samples were sent to Ketek (Kokkola, FI) for chemical analysis. The results were used in a PLS calibration model using the measured NIR spectra. Especially fat content gave good results which are presented in the report. The comparison of two different measurement probes is also reported here.

Syfte

Vid norrmejeriers (NM) biorening produceras biogas, men man önskar dock kunna reglera processen så att man har en jämn och hög gasproduktion vilket idag inte fungerar på ett tillfredställande sätt. I denna studie undersöktes det om Nära Infraröd spektroskopisk mätning av hydrolysat samt bakteriell monitorering av metanreaktorerna kan användas för att förklara den slutliga gasproduktionen.

Förstudien gjordes i syfte att få mer information om processen samt för att utvärdera om Nära Infraröd spektroskopi (NIR) kan användas för monitorering av processen.

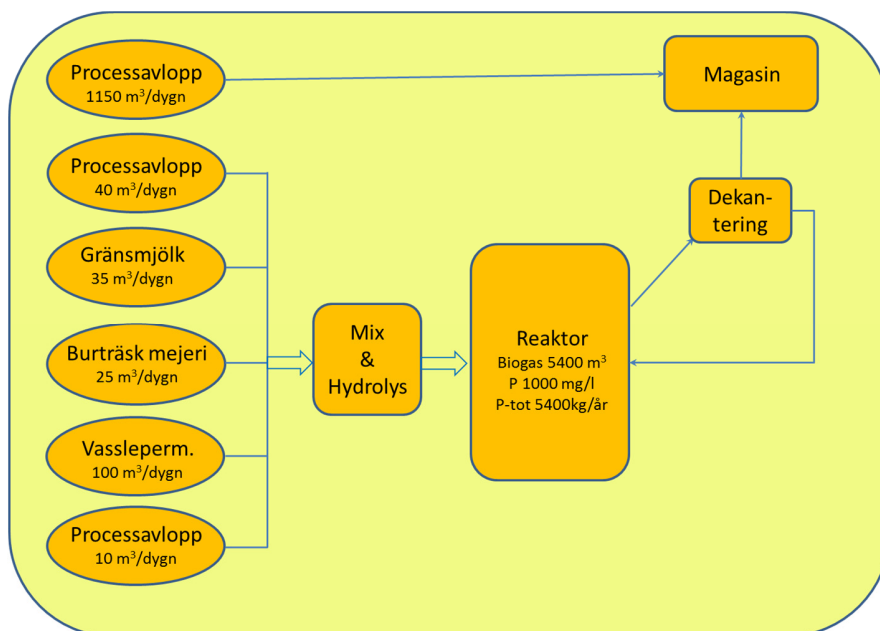
Beskrivning av Norrmejeriers reningsanläggning

En av Norrmejeriers (NM) anläggningar är ett mejeri beläget strax utanför Umeå. Där produceras mejeriprodukter såsom mjölk, ost och yoghurt från mjölk. Tidigare leddes avloppsvattnet direkt till det kommunala reningsverket. Då mejeriet producerar stora mängder fetthaltigt avloppsvatten orsakade detta problem på det kommunala reningsverket. Mejeriet ålades därför att rena avloppsflödet innan det släpptes till det kommunala nätet. Till följd av detta byggdes en bioreningsanläggning där biogas produceras. I anläggningen bildas det 700 ton torrsubstans/år av rötslam vilket deponeras medan det processade avloppsvattnet går vidare till det kommunala verket. Figur 1 visar ett flödeschema över bioreningen.



Figur 1: Flödesschema över Norrmejeriers avloppsrening

Gas/reningsanläggning vid NM tar hand om typiska mejerirester som består av restprodukter från produktionen, returnerade produkter från detaljhandlen, kasserad mjölk som är rik på fett samt vassla från ysteriet i Burträsk se fig. 2.



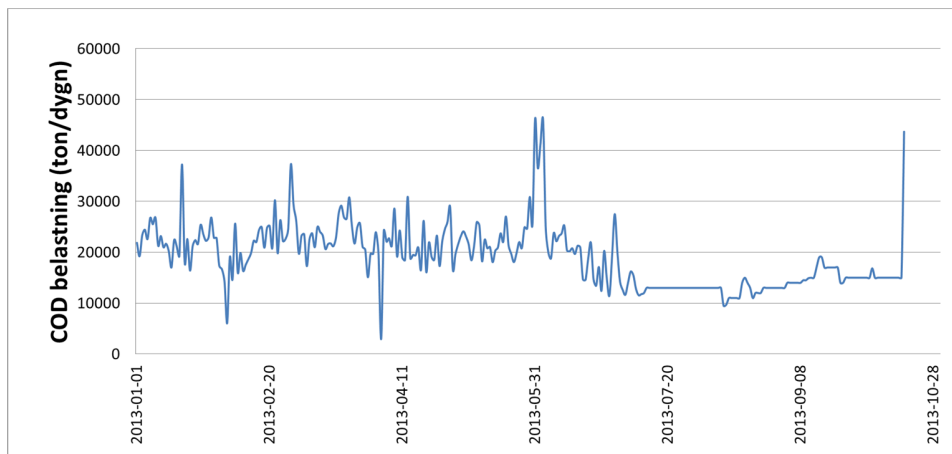
Figur 2: Schematisk skiss över inkommande material till norrmejeriers biorening.

Smithers et al. har analyserat innehållet i komjölk och vassla (tabell 1) detta kan ses som en fingervisning om den kemiska sammansättningen av det inkommande materialet till bioreningen.

Tabell 1: Kemisk sammansättning av komjölk och löpe (smithers et al.)

	Mjölk		Vassla	
	Våthalt (%)	Torrhalt (%)	Våthalt (%)	Torrhalt (%)
Kasein	2.8	21.9	0.1	1.6
Vassla	0.7	5.5	0.7	11.1
Laktos	4.9	38.3	4.9	77.8
Fett	3.7	28.9	0.1	1.6
Aska	0.7	5.4	0.5	7.9
Tot. fast material	12.8	100	0.3	100

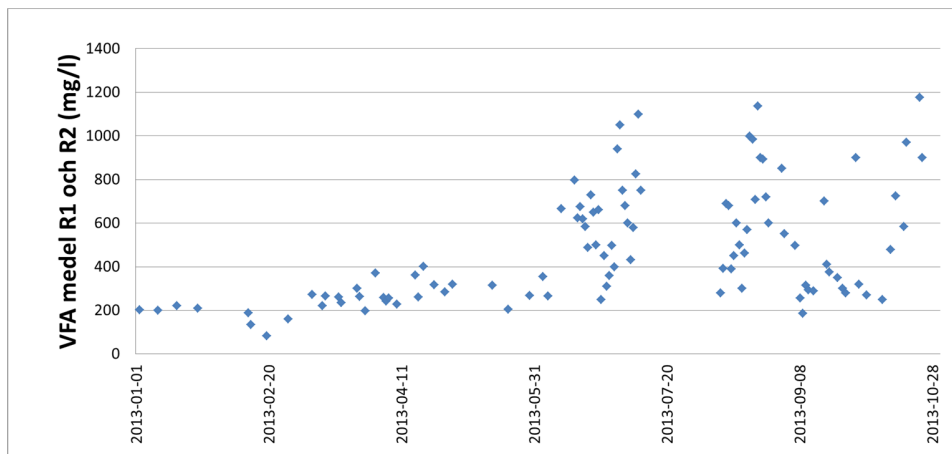
Mängden organiskt material som belastar systemet mäts indirekt genom att mäta mängden syre som åtgår för total nedbrytning (oxidation) av organiska material i vatten, s.k. COD. Eftersom det inkommande materialet varierar över tid finns det en mixtank där det inkommande materialet blandas för att minska variationen innan det går vidare för hydrolys i först reaktorn s.k. förhydrolysen. Mixtanken och andra buffrande system möjliggör styrning av mängden ingående material till systemet vilket minskar risken för överbelastning. Figur 3 visar hur COD belastningen i hydrolysaten på norrmejerier varierar över tid.



Figur 3: COD belastning kg/dygn under perioden januari-oktober 2013

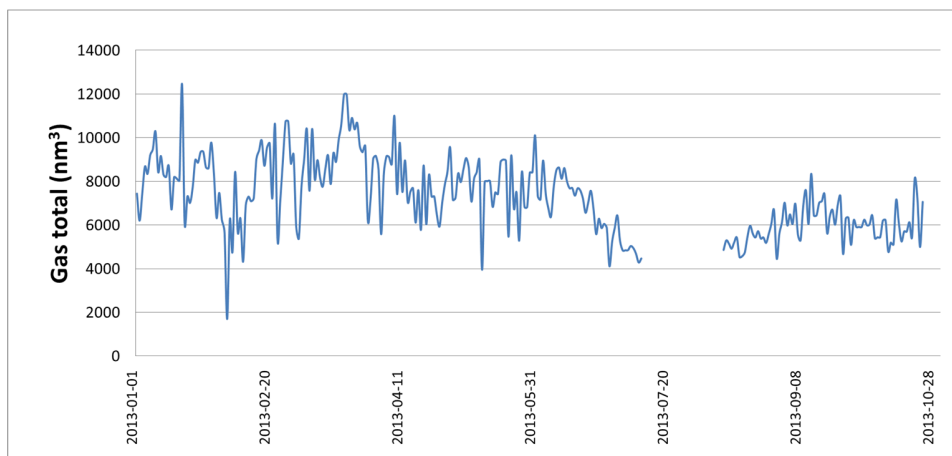
Reningen sker i två steg, först förhydrolys och sedan rötning som sker i två parallella metanreaktorer. Förhydrolysen är inte fullständig utan en varierande mängd kolhydrater, lipider, proteiner och fett går vidare till metanreaktorerna där materialet rötas. Under röttningsprocessen bildas metangas som används av NM som extra energikälla. Återstoden blir rötresten som går vidare till ett förtjockningssteg där de slutligen bildar ett rötslam. NM producerar ca 2.5 ton rötslam per dygn som deponeras efter utblandning med annat organiskt material.

Gasproduktionen på NM varierar över tid. Höga fetthalter fås vid stora inflöden av kasserad mjölk och det ger maximal gasproduktion. Överbelastning av COD från hydrolysen till metanreaktorn anses samtidigt ha störst negativa påverkan på gasproduktionen. En annan viktig faktor för gasproduktionen är förekomsten av fettsyror. Den komplexa bakteriella processen som metanproduktionen utgör kan påverkas negativt av en alltför sur miljö. Stora variationer i inkommande organiskt material förekommer, detta påverkar metanprocessen negativt. Vidare är mängden flyktiga fettsyror (VFA) i metanreaktorn en indikator på hur metanprocessen fungerar. Höga halter av fettsyror är en indikation på att dessa inte konsumeras av de bakterier som bidrar till metanomvandlingen. Av erfarenhet vet man att 200-300 mg/l VFA bidrar till en god miljö, 500 mg/l indikerar problem och över 1000 mg/l ger definitivt en minskad gasproduktion. I figur 4 ses hur halten VFA varierade på NM under perioden januari-oktober 2013.



Figur 4: Uppmätta medelhalter VFA i metanreaktorerna januari-oktober 2013

Biogasflödet består av metan och koldioxid och varierar mycket. Variationen under 2013 ses i figur 5. Orsaken till variationen är inte klarlagd men kan delvis bero på överbelastning av COD. En annan viktig faktor som påverkar gasproduktion är förekomst av toxiska ämnen som stör den bakteriella processen. Detta bedöms dock inte vara ett problem i den aktuella studien.



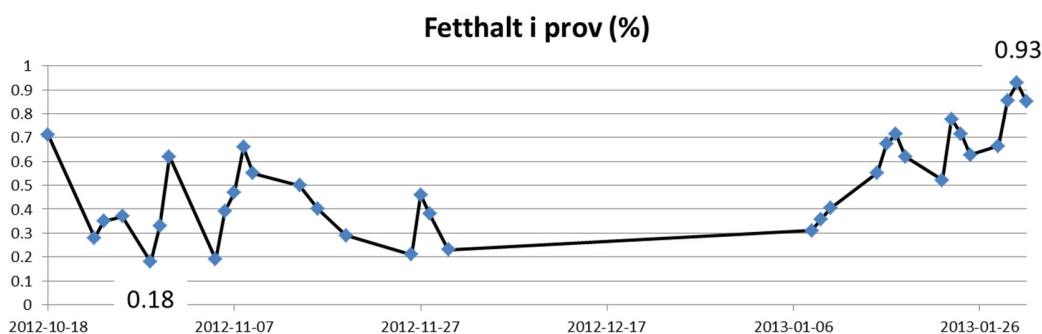
Figur 5: Biogasproduktion m³/dygn under perioden januari-oktober 2013

När biorening studeras undersöker man vanligtvis kemiska och fysikaliska faktorer påverkan på anläggningen samtidigt som bakteriell inverkan ses som en "svart låda". Monitorering av bakteriell aktivitet är dock nödvändig för att kunna se samband mellan inflöde, mikrobiell aktivitet och gasproduktion.

Utförande

Provtagning på NM

Kawano et al. och Siesler et al. beskriver NIR mätning på organiska material, i industriella processer och Frankhuizen et al. beskriver mätning på mejeriprodukter. Under perioden 121023 till 130131 togs 35 prover på hydrolysats och fem prover på metanjäsningen. NIR spektra uppmättes för samtliga prover vid SLU. Proverna frystes ned och skickades sedan för kemisk analys till Ketek, Kokkola. Ketek mätte fett och TS för samtliga prov samt kolhydrater och proteiner för 17 av hydrolysatsproverna. I figur 6 ses hur fetthalterna varierar under perioden och i tabell 2 visas statistiken för de uppmätta fetthalterna.



Figur 6: Kurvan visar hur fetthalten i proverna från hydrolysen varierade under studien.

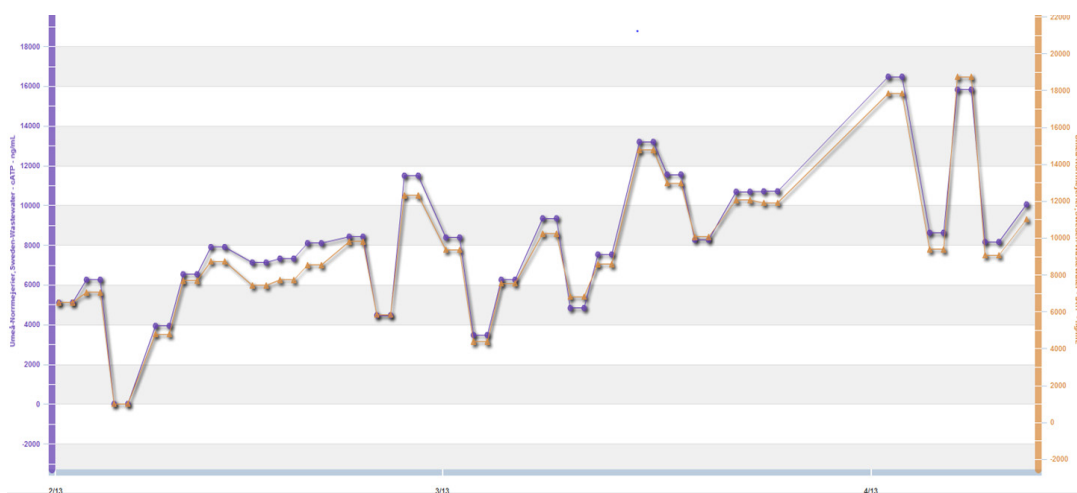
Tabell 2: Visar statistik över fetthalt i proverna tagna på hydrolysen

	Max	Min	Medel	Median
Fetthalt i torrsubstansen (%)	0.93	0.18	0.5	0.49

ATP-mätning av mängden bakterier

Vid ATP-bestämning mäts den totala mängden av bakterier. För detta används en reaktion mellan ATP och luciferin. En optisk mätning av mängden luminescens från luciferin ger en signal som är proportionell med mängden ATP i provet. Kemikalier och mätapparaten som användes kom från Kemira. För att kunna korrelera bakterieaktivitet med inflöde och gasproduktion, behövs en inventering av i synnerhet de metanogena archaeerna.

Under studien mättes regelbundet ATP i metanreaktorn. I avsaknad av mätdata från NM kunde inga korrelationer med exempelvis ingående COD eller biogasflöde göras. Detta till trots går det att dra vissa slutsatser från mätdata såsom att bakteriemängden varierar under perioden och att ATP mestadels är cellulärt bundet vilket tyder på att en levande bakteriekultur finns, se fig 7. Den stora andelen levande bakterier vid NM's biorening är anmärkningsvärd i jämförelse med t.ex. SCA Obbolas biorening. Biologiska parametrar förväntas ha stor betydelse för framtida mätningar av processens kvalitet.



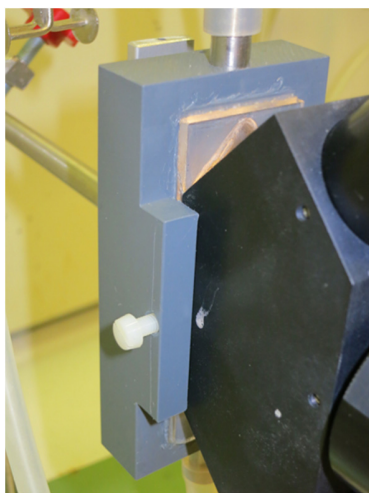
Figur 7: Kurvan visar uppmätta ATP värden i metanreaktor under perioden 20130113 tom 20130525. Den blå kurvan visar uppmätt cellulärt ATP och den orange totalt ATP

NIR spektroskopi av NM's prover

Prover från NM är flytande och kräver en anpassad provpresentation för mätning. Två olika instrument, Foss 6500 och Tec5, med olika egenskaper gällande provpresentation användes i försöket. Foss 6500 utrustad med en fiberoptisk transflektansprob (Figur 8) användes i våglängdsområdet 400 till 2500 nm med en spektral upplösning av 2 nm. Denna prob förs ned i vätskan som rörs om magnetiskt. Tec5 mäter från 305 till 2200 nm med en upplösning av 1 nm och krävde konstruktion kyvett speciellt anpassad för att kunna mäta mejeriproverna. Egenkonstruerade transmissionskyvetter provades till en början men visade sig ej fungera då proverna absorberade för mycket ljus. Således konstruerades en transflektionskyvett där provet pumpas genom kyvetten (beskrivs i en egen rapport). Transflektionskyvetten kopplades samman med instrumentets reflektansprob varvid mätningarna utfördes (fig. 9)



Figur 8: Fiberoptisk immersionsprob för transflektans mätning från Foss

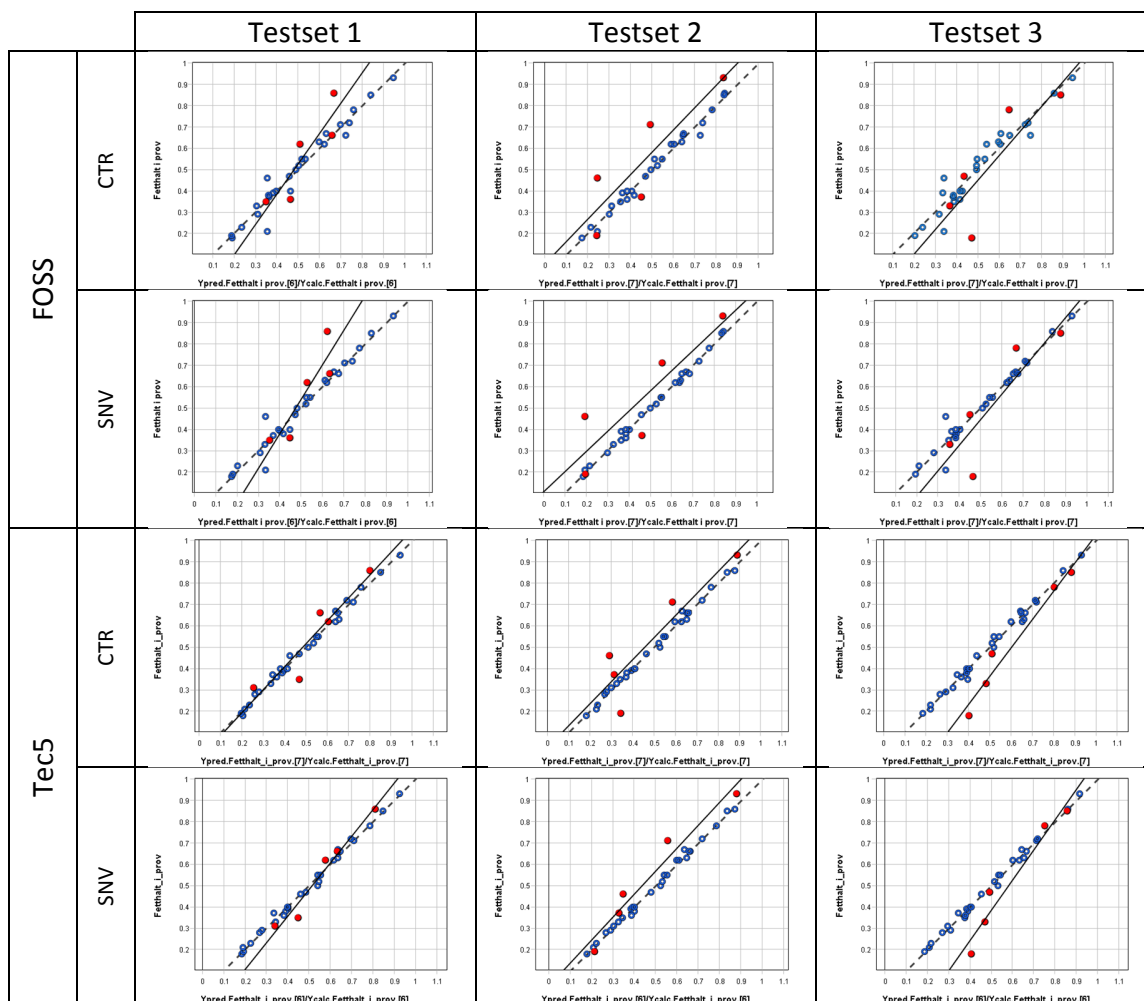


Figur 9: Egenkonstruerad genomströmningkyvett med slanganslutningar till pump för transflektans (grå delen) ihopkopplad med Tec5's reflektansprob (svarta delen: Tec5 fiberoptik och belysning)

Multivariat kalibrering

En generell introduktion till multivariat data analys och olika detaljer finns in Beebe et al. och i Næs et al. NIR spektra för de båda instrumenten sattes samman till två matriser. Brusiga våglängder uteslöts och så kallade "outliers" identifierades med principalkomponentanalys innan medelvärde beräknades på replikaten. Matrisen för Foss 6500 innehöll 31 spektra med 495 våglängder från 400 till 1390 nm, medan den för Tec5 innehöll 33 spektra med 1565 våglängder från 305 till 1870 nm

PLS modeller konstruerades där NIR spektra korrelerades mot uppmätt fetthalt i prov. För att testa NIR-instrumentens prediktiva förmåga att prediktera fetthalt i prov valdes tre testset med fem prov vardera med varierande fetthalt. Testseten valdes så att de skulle ha stor spridning i uppmätt fetthalt och samma testset användes för de båda instrumenten. Datat centrerades innan modellering och analyserades med och utan förbehandling av SNV (Standard Normal Variate) Barnes et al. I figur 10 ses uppmätta mot predikterade värden för de tre olika testseten (röda cirklar) och kalibreringsseten (blå cirklar). Range/RMSEP är ett mått på hur stort mätspannet är i förhållande till prediktionsfelet för modellerna. I Tabell 3 ser man att den bästa modellen erhöles för Tec 5 då man SNV behandlade datat.



Figur 10: Observerat mot predikerat för tre olika testset (röda cirklar) och kalibreringsset (blå cirklar) för de båda NIR instrumenten Foss (rad 1 och 2) och Tec5 (rad 3 och 4) efter centrering (rad 1 och 3) och efter standard normal variate, SNV, behandling och centrering (rad 2 och 4)

Tabell 3: Sammanfattning av NIRkalibreringsresultat

	Testset	Förbehandling	A	R2Y_CUM	RMSEP	RMSEP_medel	Range*/RMSEP
Tec5	1	CTR	7	0.99	0.08	0.11	7.02
	2		7	0.99	0.12		
	3		7	0.99	0.12		
	1	SNV	6	0.99	0.06	0.09	8.47
	2		6	1.00	0.09		
	3		6	0.99	0.12		
Foss	1	CTR	6	0.96	0.12	0.14	5.52
	2		7	1.00	0.15		
	3		7	0.96	0.14		
	1	SNV	6	0.95	0.13	0.14	5.29
	2		7	0.99	0.15		
	3		7	0.93	0.15		

*Differensen mellan högsta och lägsta uppmätta fetthalt

Slutsatser, framtida studier

En kontinuerlig mätning av inflödet till metanreaktorn skulle öka förståelsen för hur det inkommande materialet påverkar gasproduktionen. I förlängningen skulle detta kunna utgöra ett verktyg för att bättre kunna styra processen och därmed möjliggöra en jämnare och högre gasproduktion. De lovande resultaten i den aktuella studien har bidragit till att en större studie påbörjats under oktober 2013. Den beräknas fortgå till februari 2014. I den nya studien har ett NIR-instrument från PulpEye installerats i utflödet från hydrolystanken. Det mäter således materialet som går in i metanreaktorn. Prover samlas in från hydrolysat och metanreaktor två gånger i veckan. De nedfrysas sedan för kemisk analys. Hydrolysatet kommer att analyseras m.a.p. fett, proteiner och mängd kolhydrater. Provtas en gång per vecka för PCR-analys av bakteriekulturen. Dessutom mäter NM rutinmässigt pH, VFA och COD i metanreaktorn samt gasflödet ut från reaktorn.

Med tanke på det begränsade antalet prov är resultaten lovande, där bestämning av fetthalt med NIR-spektroskopi har visat sig fungera väl. Resultaten för Tec5 är överlag något bättre än de för Foss instrumentet. Detta beror troligtvis på att den egenkonstruerade kyvetten fungerar bättre än Foss-instrumentets prob för de aktuella analyserna. NIR skulle således kunna vara en lämplig metod för omedelbar bestämning av fetthalt utan kemikalieförbrukning. Metoden skulle vidare utgöra ett snabbt och billigt alternativ till tidskrävande våtkemiska analyser vilka förbrukar kemikalier. Sannolikt finns det information om kolhydrater och proteiner i insamlad NIR-data, men för att kunna säkerställa detta behövs fler mätningar och kemiska analyser än vad som gjordes under den aktuella studien.

Tack

Vi vill tacka Botnia-Atlantica, Region Västerbotten, Österbottens förbund för finansieringen av Mare Purum som möjliggjort denna studie. Vi vill även tacka Tony Bäckström på Norrmejerier samt Anders Jonsson och Robin Norman på ProcessIT för ett bra samarbete.

Litteratur

Ban Q, Li J, Zhang L, Jha A.K and Nies L, Linking Performance with Microbial Community. Characteristics in an Anaerobic Baffled Reactor. *Appl Biochem Biotechnol* (2013) 169:1822–1836

Barnes R.J, Dhanoa M.S, Lister S.J, Standard Normal Variate Transformation and Detrending of Near-Infrared Diffuse Reflectance Spectra, *Appl. Spectroscopy* (1989) 43:5:772-777

Beebe R, Pell R and Seasholtz M.B, *Chemometrics, A Practical Guide*, Wiley, NY, 1998.

R. Frankhuizen, NIR analysis of dairy products, in Burns D & Ciurzak E eds, *Handbook of near infrared analysis* 2nd ed., Marcel Dekker, 2001,499-533

Kawano A, Application to Agricultural Products and Foodstuffs, in H. Siesler, Y. Ozaki, S. Kawata and H Heise eds, *Near Infrared Spectroscopy*, Wiley VCH, Weinheim, 2002

Naes T, Isaksson T, Fearn T and Davies T, *A user-friendly guide to Multivariate Calibration and Classification*, NIR Publ, Chichester, 2002

Salvador A.F, Cavaleiro A. J, Sousa D.Z, Alves M.M and Pereira M.A, Endurance of methanogenic archaea in anaerobic bioreactors treating oleate-based wastewater *Appl. Microbiol. Biotechnol.* (2013) 97:2211–2218
DOI 10.1007/s00253-012-4061-9

Siesler H, Application to Industrial Process Control, in H. Siesler, Y. Ozaki, S. Kawata and H. Heise eds, *Near Infrared Spectroscopy*, Wiley VCH, 2002

Smithers, G.W, Ballard F.J, Copeland A.D. De Silva K.J, Dionysius D.A, Francis J.L, Goddard G, Grieve P.A, McIntosh G.J, Mitchell I.R, Pearce R.G and Regester G.O, New opportunities from the isolation and utilization of whey proteins. *Journal of Dairy Science*, (1996) 79:8:1454-1459

Traversi D, Villa S, Lorenzi E, Degan R and Gilli G, Application of a real-time qPCR method to measure the methanogen concentration during anaerobic digestion as an indicator of biogas production capacity. *Journal of Environmental Management* (2012) 111:173-177.

Bilaga: Analysresultat från KETEK

Datum för provtagning vid Norrmejerier	Reaktor	Prov-beteckning	Torr-substans	Fetthalt i torrsub-stansen	Fetthalt i proverna	CODcr	Kväve	GC/MS
			%	%	%	mg/l	mg/l	µg/ml
2012-10-23	hydrolys	PS 12-152-2	4.59	6.17	0.28	8400	1100	14.279
2012-10-30	hydrolys	PS 12-152-6	4.47	7.38	0.33	1000	1200	8.829
2012-11-07	hydrolys	PS 12-152-10	3.47	13.52	0.47	3200	1100	22.973
2012-11-14	hydrolys	PS 12-152-13	3.14	15.82	0.5	3400	1100	27.283
2012-11-26	hydrolys	PS 12-152-16	3.16	6.77	0.21	4200	710	20.174
2013-01-08	hydrolys	PS13-21-1	5.44	0.32	5.70	76 000	1 200	11.846
2013-01-09	hydrolys	PS13-21-2	4.43	0.36	8.08	66 000	1 300	9.399
2013-01-10	hydrolys	PS13-21-3	3.72	0.40	10.88	62 000	1 400	10.952
2013-01-15	hydrolys	PS13-21-4	3.34	0.55	16.54	63 000	1 100	12.438
2013-01-16	hydrolys	PS13-21-5	3.63	0.67	18.53	64 000	1 200	9.417
2013-01-17	hydrolys	PS13-21-6	4.03	0.71	17.73	53 000	1 100	6.748
2013-01-18	hydrolys	PS13-21-7	4.76	0.62	13.04	54 000	910	8.653
2013-01-22	hydrolys	PS13-21-8	5.25	0.52	9.94	53 000	1 200	8.728
2013-01-23	hydrolys	PS13-21-9	4.72	0.78	16.45	55 000	1 200	10.993
2013-01-24	hydrolys	PS13-21-10	5.17	0.72	13.85	55 000	1 300	11.207
2013-01-25	hydrolys	PS13-21-11	5.40	0.63	11.62	64 000	1 400	11.551
2013-01-28	hydrolys	PS13-21-12	5.82	0.66	11.42	77 000	1 300	9.353
2013-01-29	hydrolys	PS13-21-13	5.57	0.86	15.36	74 000	1 600	11.394
2013-01-30	hydrolys	PS13-21-40	5.74	0.93	16.17	79 000	1 600	10.507
2013-01-31	hydrolys	PS13-21-15	6.58	0.85	12.94	77 000	1 500	11.704
2013-02-01	hydrolys	PS13-21-16	5.72	0.73	12.82	50 000	1 500	10.736
2012-10-23	metan	PS 12-152-21	6.13	0.87	0.05	9700	2000	0.404
2012-11-30	metan	PS 12-152-25	7.59	1.1	0.08	30000	1800	0.088
2012-11-07	metan	PS 12-152-29	4.95	0.83	0.04	26000	1800	6.074
2012-11-14	metan	PS 12-152-32	6.1	1.04	0.06	10000	2200	0.281
2012-11-26	metan	PS 12-152-35	5.49	1.12	0.06	27000	2000	0.519
2013-01-08	metan	PS13-21-17	5.10	0.05	1.05	2 200	2 900	0.068
2013-01-09	metan	PS13-21-18	4.69	0.05	1.16	2 500	3 300	0.017
2013-01-10	metan	PS13-21-19	4.27	0.04	0.87	2 300	3 500	0.984
2013-01-15	metan	PS13-21-20	4.25	0.04	1.05	4 600	3 100	1.088
2013-01-16	metan	PS13-21-21	4.84	0.02	0.51	2 300	3 000	0.917
2013-01-17	metan	PS13-21-22	4.43	0.05	1.16	4 300	3 500	1.104
2013-01-18	metan	PS13-21-23	4.02	0.06	1.54	2 400	3 000	1.403
2013-01-22	metan	PS13-21-24	4.06	0.04	1.08	1 900	3 200	0.956
2013-01-23	metan	PS13-21-25	4.30	0.04	0.95	2 700	3 200	0.924
2013-01-24	metan	PS13-21-26	3.97	0.05	1.31	5 000	3 300	1.245
2013-01-25	metan	PS13-21-27	4.06	0.03	0.78	5 800	3 600	0.091
2013-01-28	metan	PS13-21-28	4.14	0.04	0.90	2 300	3 100	0.058
2013-01-29	metan	PS13-21-29	4.48	0.01	0.26	1 300	2 900	0.084
2013-01-30	metan	PS13-21-30	3.90	0.02	0.47	6 800	3 300	0.068
2013-01-31	metan	PS13-21-31	3.76	0.03	0.86	8 900	3 200	0.088
2013-02-01	metan	PS13-21-32	4.01	0.03	0.64	10 000	3 000	0.095

Datum för provtagning vid Norrmejerier	Reaktor	Protein- halt	Torrhalt	Fetthalt i proven	Kolhydrater
		%	%	%	%
2012-10-23	hydrolys				
2012-10-30	hydrolys				
2012-11-07	hydrolys				
2012-11-14	hydrolys				
2012-11-26	hydrolys				
2013-01-08	hydrolys	0.77	5.44	0.32	4.35
2013-01-09	hydrolys	0.83	4.43	0.36	3.24
2013-01-10	hydrolys	0.89	3.72	0.40	2.42
2013-01-15	hydrolys	0.70	3.34	0.55	2.09
2013-01-16	hydrolys	0.77	3.63	0.67	2.19
2013-01-17	hydrolys	0.70	4.03	0.71	2.61
2013-01-18	hydrolys	0.58	4.76	0.62	3.56
2013-01-22	hydrolys	0.77	5.25	0.52	3.96
2013-01-23	hydrolys	0.77	4.72	0.78	3.18
2013-01-24	hydrolys	0.83	5.17	0.72	3.62
2013-01-25	hydrolys	0.89	5.40	0.63	3.88
2013-01-28	hydrolys	0.83	5.82	0.66	4.33
2013-01-29	hydrolys	1.02	5.57	0.86	3.69
2013-01-30	hydrolys	1.02	5.74	0.93	3.79
2013-01-31	hydrolys	0.96	6.58	0.85	4.77
2013-02-01	hydrolys	0.96	5.72	0.73	4.03
2012-10-23	metan				
2012-11-30	metan				
2012-11-07	metan				
2012-11-14	metan				
2012-11-26	metan				
2013-01-08	metan	1.85	5.10	0.05	3.20
2013-01-09	metan	2.11	4.69	0.05	2.53
2013-01-10	metan	2.23	4.27	0.04	2.00
2013-01-15	metan	1.98	4.25	0.04	2.23
2013-01-16	metan	1.91	4.84	0.02	2.90
2013-01-17	metan	2.23	4.43	0.05	2.15
2013-01-18	metan	1.91	4.02	0.06	2.05
2013-01-22	metan	2.04	4.06	0.04	1.97
2013-01-23	metan	2.04	4.30	0.04	2.22
2013-01-24	metan	2.11	3.97	0.05	1.81
2013-01-25	metan	2.30	4.06	0.03	1.74
2013-01-28	metan	1.98	4.14	0.04	2.13
2013-01-29	metan	1.85	4.48	0.01	2.61
2013-01-30	metan	2.11	3.90	0.02	1.78
2013-01-31	metan	2.04	3.76	0.03	1.69
2013-02-01	metan	1.91	4.01	0.03	2.07

Datum för provtagning vid Norrmejerier	Reaktor	Provmängd	Glycerol i provet	Glycerol- halt i ursprungliga provet	FosforTOT	Antal bon	Fria fettsyror	Protein- halt *
		mg	µg	mg/kg	mg/l	pmy/ml	% (från fett)	mg/l
2012-10-23	hydrolys	100.7	81.10472	805.4	500	<1000Est	28	
2012-10-30	hydrolys	97.05	50.14872	516.7	530	4000Est	18	
2012-11-07	hydrolys	103.2	130.48664	1264.4	350	<1000Est	13	
2012-11-14	hydrolys	97.4	154.96744	1591.0	410	<1000Est	8	
2012-11-26	hydrolys	99	114.58832	1157.5	320	<1000Est	12	
2013-01-08	hydrolys	55.4	67.28528	1214.5				7 656
2013-01-09	hydrolys	58.2	53.38632	917.3				8 294
2013-01-10	hydrolys	54.2	62.20736	1147.7				8 932
2013-01-15	hydrolys	54.5	70.64784	1296.3				7 018
2013-01-16	hydrolys	50.9	53.48856	1050.9				7 656
2013-01-17	hydrolys	51	38.32864	751.5				7 018
2013-01-18	hydrolys	50.8	49.14904	967.5				5 806
2013-01-22	hydrolys	51.1	49.57504	970.2				7 656
2013-01-23	hydrolys	58.9	62.44024	1060.1				7 656
2013-01-24	hydrolys	55.6	63.65576	1144.9				8 294
2013-01-25	hydrolys	57.6	65.60968	1139.1				8 932
2013-01-28	hydrolys	59.2	53.12504	897.4				8 294
2013-01-29	hydrolys	53.7	64.71792	1205.2				10 208
2013-01-30	hydrolys	61.4	59.67976	972.0				10 208
2013-01-31	hydrolys	50.6	66.47872	1313.8				9 570
2013-02-01	hydrolys	52.2	60.98048	1168.2				9 570
2012-10-23	metan	107.5	2.29472	21.3	820	26000	-	
2012-11-30	metan	100.9	0.49984	5.0	1000	74000	-	
2012-11-07	metan	105.6	34.50032	326.7	740	73000	-	
2012-11-14	metan	103.65	1.59608	15.4	770	54000	-	
2012-11-26	metan	98.7	2.94792	29.9	880	160000	-	
2013-01-08	metan	54.2	0.38624	7.1				18 502
2013-01-09	metan	56	0.09656	1.7				21 054
2013-01-10	metan	57	5.58912	98.1				22 330
2013-01-15	metan	53	6.17984	116.6				19 778
2013-01-16	metan	58.4	5.20856	89.2				19 140
2013-01-17	metan	67.5	6.27072	92.9				22 330
2013-01-18	metan	52.8	7.96904	150.9				19 140
2013-01-22	metan	50.5	5.43008	107.5				20 416
2013-01-23	metan	54.3	5.24832	96.7				20 416
2013-01-24	metan	66.4	7.0716	106.5				21 054
2013-01-25	metan	52.5	0.51688	9.8				22 968
2013-01-28	metan	60.5	0.32944	5.4				19 778
2013-01-29	metan	55.3	0.47712	8.6				18 502
2013-01-30	metan	56.5	0.38624	6.8				21 054
2013-01-31	metan	55.5	0.49984	9.0				20 416
2013-02-01	metan	54.1	0.5396	10.0				19 140

Prov- beteckning	KETEKs beteckning	Torrhalt %	Fetthalt i proven %
okt. 18	PS12-152-1	4.2	0.71
okt. 24	PS12-152-3	4.7	0.35
okt. 26	PS12-152-4	3.8	0.37
okt. 29	PS12-152-5	4	0.18
okt. 31	PS12-152-7	4.3	0.62
nov. 5	PS12-152-8	4.7	0.19
nov. 6	PS12-152-9	3.2	0.39
nov. 8	PS12-152-11	3	0.66
nov. 9	PS12-152-12	3.4	0.55
nov. 16	PS12-152-14	3.7	0.4
nov. 19	PS12-152-15	5	0.29
nov. 27	PS12-152-17	2.3	0.46
nov. 28	PS12-152-18	2.3	0.38
nov. 30	PS12-152-19	4.3	0.23



Partners i Mare Purum:



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
VAASA POLYTECHNIC



Finansiärer:



REGION
VÄSTERBOTTEN



Österbottens förbund
Pohjanmaan liitto



Länsstyrelsen
Västerbotten